

V—21 苫東厚真発電所2号機主要土木工事における土留壁の現場計測管理について

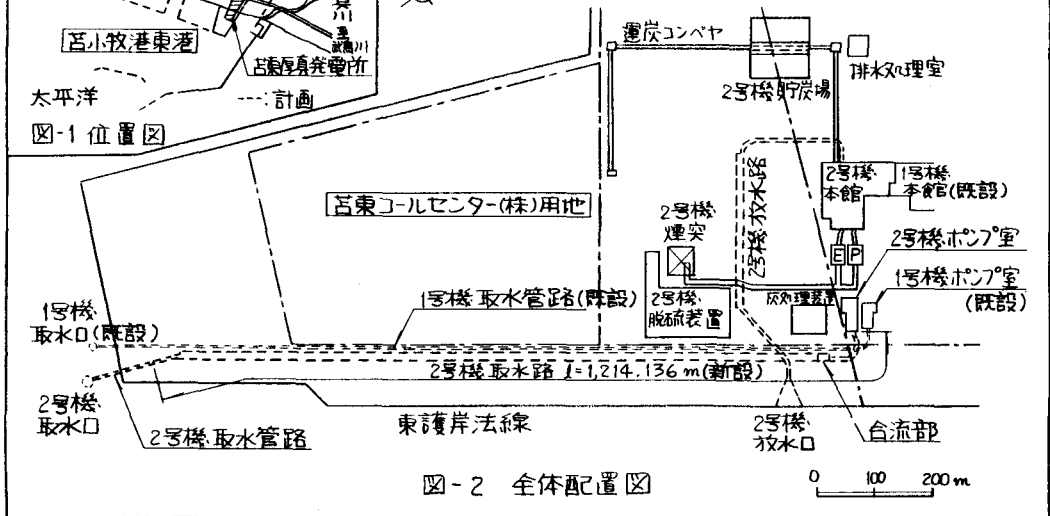
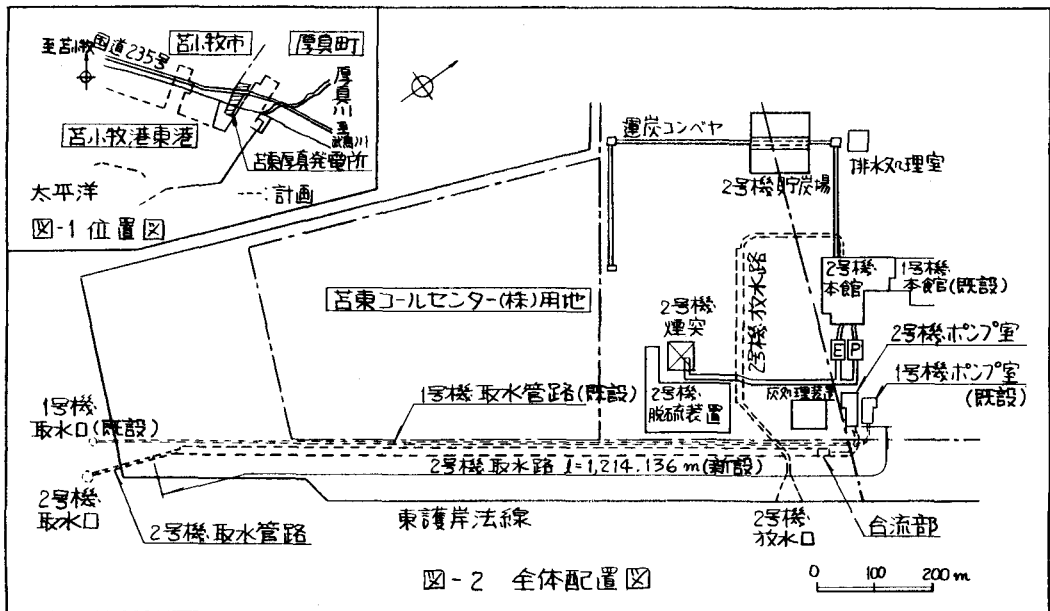
北海道電力(株) 正員 宮前 繁也
 奥村 清一
 正員 高野 準

1. まえがき

苫東厚真発電所2号機(最大出力60万kW)は、昭和55年10月に運搬した1号機(最大出力35万kW)に隣接する石炭専焼火力発電所であり、昭和56年10月に着工し、昭和60年9月の運搬を目途に鋭意建設中である。2号機の位置図および全体配置図は、図-1、2に示すとおりである。

2号機取水路は、発電所復水器の冷却用海水を毎秒27.4 m^3 通水するもので、既設1号機取水管路(直径3.2m、埋設鋼管)に並行する鋼管杭基礎、鉄筋コンクリート造2連ボックスカルバートである。取水路延長約1200mのうち大部分は、苫小牧東部南発(株)が浚渫工により造成した埋立地に位置し、地盤は全般に地下水位が高く、上流側は緩い砂層、下流側は軟弱な粘土層が主体をなす軟弱地盤である。

工事には、土留壁の現場計測により施工管理を行っており、本文はその計画および結果について代表例を取り上げて述べるものである。



2. 計測管理計画

(1). 工事の概要と問題点

a. 工事の概要

取水路工事における土留工の計画断面は図-3~5に、施工順序は図-6に示すとおりである。

土留工は、各種工法を比較検討の結果、施工性、経済性とも有利である切梁による鋼矢板(一部鋼管矢板)土留工を採用している。また、1号機取水管の保護と地震など予期しない荷重が作用した場合を考慮して、長大延長の掘削は行わず、取水路の2~3ブロック(30~45m)おきに抜き掘り施工を行っている。

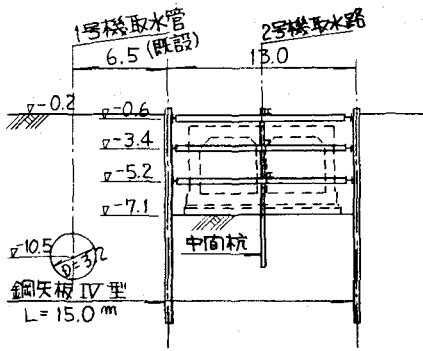


図-3 土留計画図(砂質土層部)

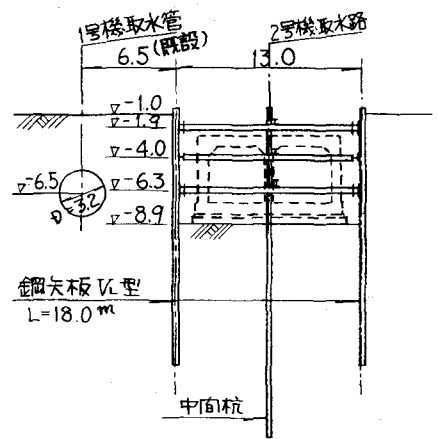


図-4 土留計画図(粘性土層部)

6. 工事の向題点

1号機取水管路の概要は、表-1に示すとおりである。取水管は、埋立工事以前に海上作業により慎重に施工され、埋立に伴う地盤沈下に対し、約100mおきに可撓伸縮継手が設置されているが、埋立により既に据付時から0.1～0.5m沈下し、多少の側方移動が生じていると考えられる。一方、鋼矢板など可撓性の土留壁は、掘削に伴い変形し背面地盤の沈下を引き起こすため、運転中の取水管に近接して工事を実施する場合、取水管へ与える影響が向題となる。

土留壁の変位量および取水管への影響を定量的に予測することは、土質条件の複雑さなどの不確定要素により困難であるため、計測により不確定要素も含めた変位量から直接安全性の確認を行い、計測データの蓄積を図ることが必要である。

(2). 計測項目と計測方法

計器の種類、配置は図-7に、計測項目は表-2に示しておりであり、計測の目的、土質条件、土留工の重要性などを考慮し、適切な計測が可能となるように選定した。

主要な計測の概要は、以下のとおりである。

6. 土留壁の変位

鋼矢板または鋼管矢板土留壁の変位は、土留壁背面に計測パイプを設置し挿入式傾斜計により0.5mまたは1.0m間隔に傾斜面を計測し、これを積分して求める。また、測定精度の確認のため、トランシットにより天端の変位を測定する。

6. 1号機取水管の側方移動

1号機取水管の側方移動は、取水管の片側または両側に計測パイプを設置し、挿入式傾斜計による計測結果から推定する。

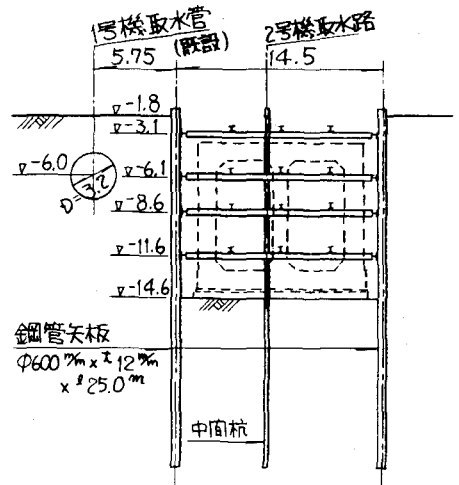


図-5 合流部土留計画図(粘性土層部)

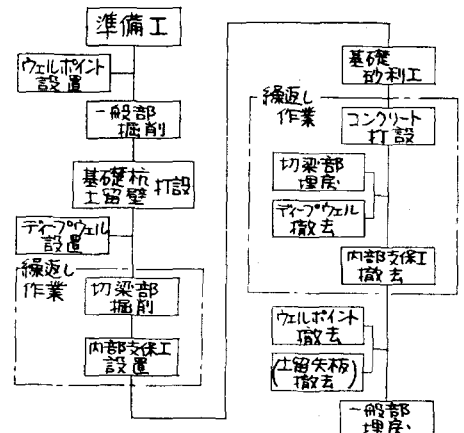
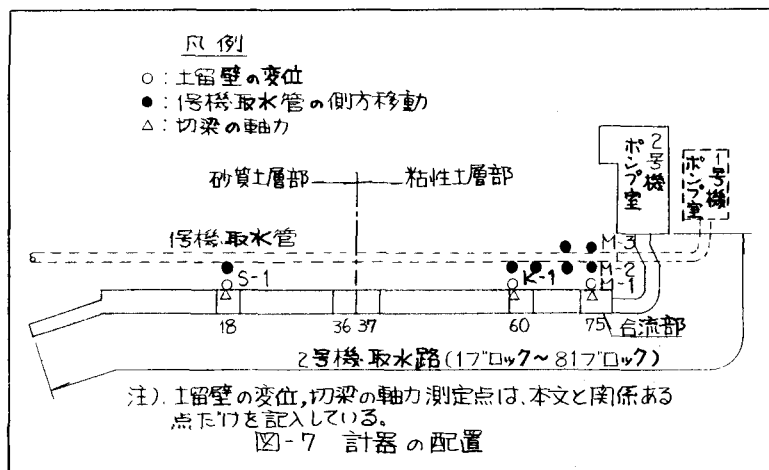


図-6 施工順序図

表-1 1号機取水管の概要

項目	諸元概要
取水量	126万 ^{m³} /日(14.6 ^{m³} /sec)
構造	鋼製(材質:SM50)
断面寸法	内径3.2 ^m ,管厚20-30 ^{mm}
延長	1,250 ^m
可換伸縮継手	許容伸縮量18 ^{cm} 偏心量30 ^{cm}
入孔	直径1.4 ^m ,11ヶ所
沈下測定棒	直径0.3 ^m ,22ヶ所
塗装	内面:タールエポキシ 外面:ポリウレタンカスクリ
電気防蝕	流電陽極方式



C. 切梁の軸力

切梁の軸力は、ひずみ計により計測する。切梁は、腹起し、中面杭などとの接触点付近の応力状態が不均一であり、また自重などによる曲げモーメントの影響を受けているため、ひずみ計は接触点付近を避け、部材の中立軸または上下フランジに設置する。

(3). 計測結果の整理と管理

計測データは、マイコンにより迅速な処理・解析を行い、工事の進捗状況と関連づけた管理資料を作成し、あらかじめ設定した管理目標値と比較検討する方法により管理を行う。

主要な管理目標値の概要は、以下のとおりである。

α. 土留壁の変位量

土留壁の許容変位量は、粘性土層部において背面地盤の破壊ひずみを $\epsilon_f \div 3\%$ と仮定すると約38^{cm}程度(台流部)となる。しかし、1号機取水管可換伸縮継手の偏心性能が30^{cm}であり、土留壁変位量の管理目標値は、この偏心性能に埋立による側方移動の影響を考慮し、十分安全となるように10^{cm}を設定している。

β. 1号機取水管の側方移動

1号機取水管の許容変位量は、可換伸縮継手の偏心性能から判断すると30^{cm}となるが、これまでの埋立工事による側方移動の影響を定量的に把握することは困難であり、また取水管の変位を周辺地盤の変位から推定するため、管理目標値の設定は困難である。しかし、取水路工事における土留壁の管理目標値を10^{cm}としており、取水管管体の剛性および埋立工事における状況から判断すると数^{cm}程度の変位に対しては十分安全であると考えられ、計測データを総合的に判断し安全性の確認を行うこととしている。

γ. 切梁の軸力

切梁の軸力計測結果は、計測時の温度による影響および腐削、盛り替えなど施工状況の変化による影響を受けるため、これらと関連づけた経日変化図を作成し管理を行う。切梁は、土圧および温度変化による軸力と自重などによる曲げモーメントに対し十分安全となる部材を採用しており、管理目標値は各切梁の設計上の最大軸力としている。

表-2 計測項目

計測目的	計測項目	計測方法
土留工の管理	土留壁の変位	挿入式傾斜計・トランシント
	切梁の軸力	ひずみ計・温度計
1号機取水管の管理	1号機取水管の側方移動	挿入式傾斜計
	1号機取水管の沈下	レベル
地下水・湧水の管理	地下水位	観測井
	湧水状況	目視点検

3. 計測結果および考察

(1). 土留壁の変位および曲げモーメント

粘性土層部、砂質土層部の各施工段階における土留壁の変位量および曲げモーメントは、図-8、9に示すとおりである。

粘性土層部では、掘削段階における最大変位量および最大曲げモーメントは、各掘削底面付近に生じており、掘削深度が大きくなると土留壁の変形も急激に進行している。負の最大曲げモーメント位置を仮想支持点とすると、仮想支持点は掘削段階においてほぼ同位置に発生している。この位置は、粘土層に挟まれた砂層内であり、上部粘土層が極めて軟弱であるため、その下部の砂層に仮想支持点が発生したものと考えられる。また、3次、4次掘削における曲げモーメントは、仮想支持点および2段切梁を支点とする連続梁とはほぼ同様の分布を示し、図-12からもわかるとおり2段切梁が支点として大きな軸力を受けているものと推定される。

砂質土層部では、掘削段階における最大変位量および最大曲げモーメントは、各掘削底面より多少上方で発生している。また、負の最大曲げモーメント位置すなわち仮想支持点は、地盤が均質な砂層であるため各掘削底面の下方に発生しており、掘削段階とともに順次移動している。

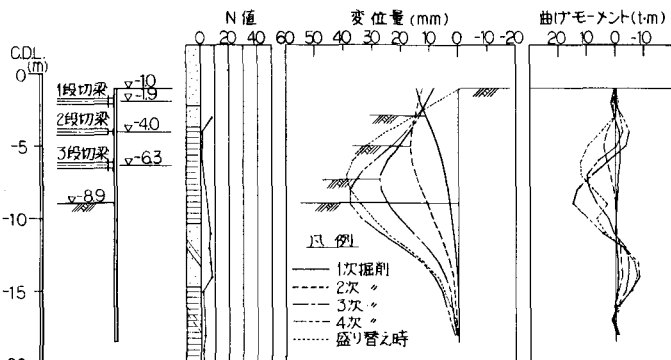


図-8 K-1計測結果(粘性土層部)

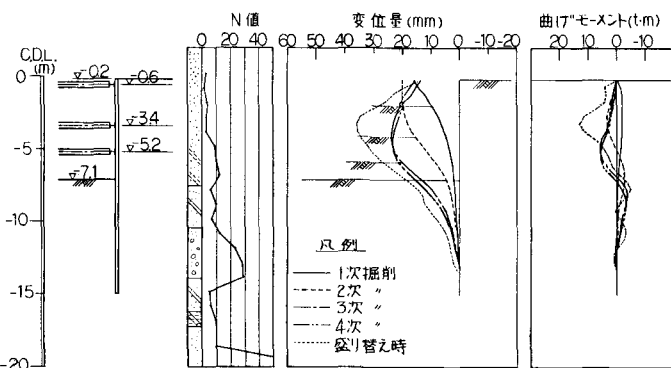


図-9 S-1計測結果(砂質土層部)

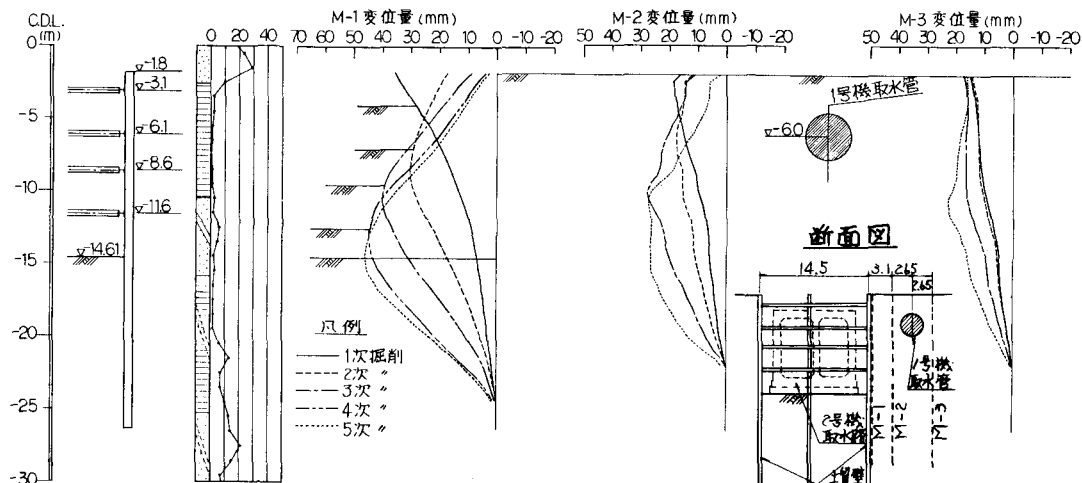


図-10 土留壁変位と周辺地盤変位計測結果(合流部)

(2). 土留壁変位と周辺地盤の挙動

合流部における土留壁および1号機取水管周辺地盤の変位計測結果は、図-10に示すとおりである。

土留壁M-1の変位と比較すると土留壁側のM-2の変位は、掘削段階において土留壁M-1の変位分布とほぼ同傾向の分布を示しているが、1号機取水管を挟んで反対側のM-3では、取水管理設レベル付近の変位が、取水管により抑制されているような分布を示している。また、M-3では、1次掘削における変位分布とそれ以後の変位分布が類似しており、取水管があるために切梁設置による影響を受けていないものと考えられる。

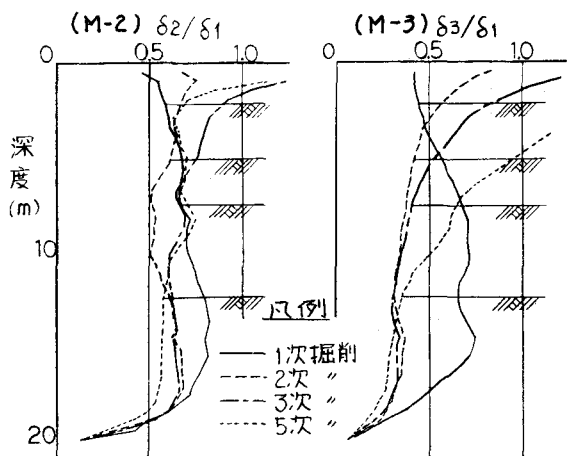


図-11 土留壁変位量と周辺地盤変位量の割合

取水管理設レベルにおけるM-2、M-3変位量の平均値と取水管の変位量とすると、取水管の変位量は最大20mm程度と推定され、取水管に対する悪影響はないものと考えられる。

土留壁の変位量 δ_1 に対する周辺地盤の変位量 δ_2 、 δ_3 の割合は、図-11に示すとおりである。前述のとおりM-2では、上下端部を除くと変位量の割合 δ_2/δ_1 がほぼ一定となり、変位分布が土留壁と同傾向であることを示している。また、M-2における変位量は、土留壁変位量の50~70%程度となっている。M-3の変位量の割合 δ_3/δ_1 は、1次掘削を除き掘削底面以下でほぼ一定となっているが、掘削底面以上では地盤のゆるみに対して切梁の押し戻し効果がないため、曲線となっている。

(3). 切梁の軸力

粘性土層部における切梁軸力の計測結果は、図-12に示すとおりである。昭和57年12月1日以降は、掘削が終了したため計測頻度を減少させたが、それまでの計測値は温度変化に対応し変動しており、切梁が温度応力による影響を受けているものと考えられる。

1段切梁の軸力は、2段切梁設置後徐々に減少し、2段切梁に最も大きな軸力が作用している。また、2、3段切梁盛り替え後の1段切梁における増加軸力は、約30%程度である。他の計測位置における計測結果も含めた2、3段切梁合計軸力と1段切梁の増加軸力との関係は、図-13に示すとおりである。2、3段切梁撤去後の1段切梁の増加軸力は、合計軸力の約30~50%程度であり、残りの約50~70%は、掘削底面に打設した切梁盛り替え用コンクリート版に作用しているものと考えられる。

掘削による影響がなくなり定常状態となった後の切梁軸力と温度変化との関係関係について

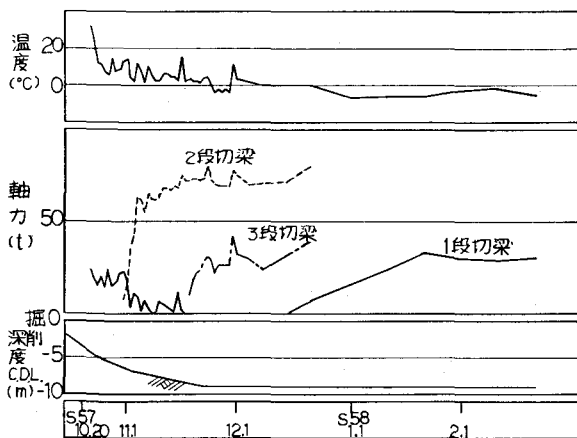


図-12 切梁軸力計測結果 (K-3)

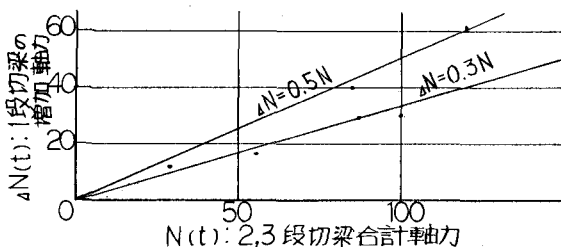


図-13 1段切梁の増加軸力

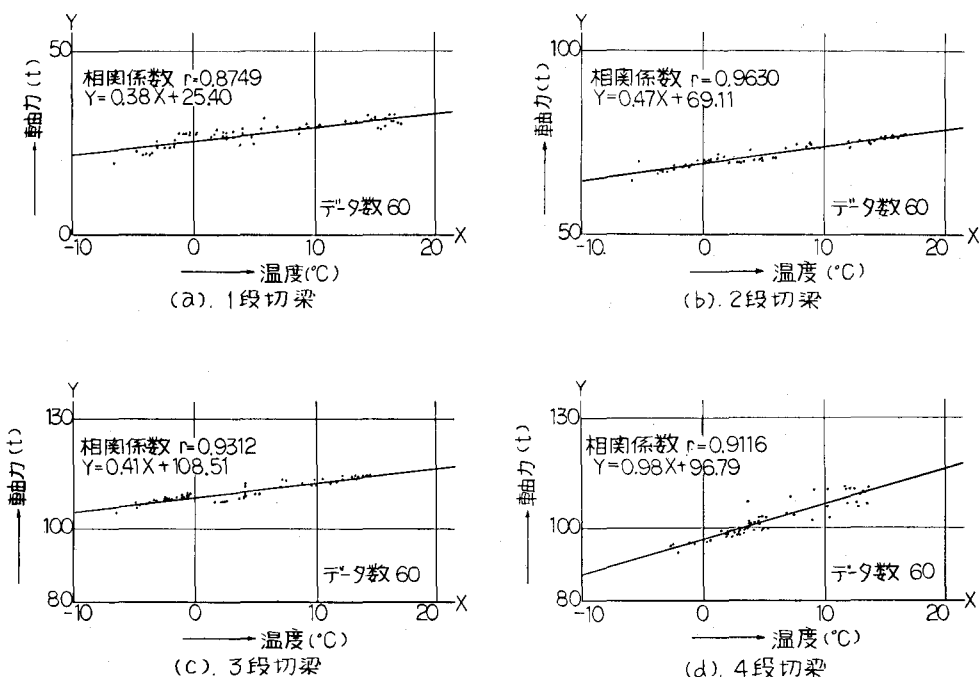


図-14 切梁軸力と温度変化との相関関係

切梁の設置期間の長かった合流部の計測結果を使用し検討を行った結果は、図-14に示すとおりである。

各段切梁とも相関係数は、 $r=0.87\sim0.96$ となり、温度変化と切梁軸力は非常に高い相関を示している。また、それぞれの回帰直線の勾配が、温度 1°C 上昇に対する切梁軸力の増加量を示しており、 $0.4\sim1.0\text{ t/C}$ の増加軸力となっている。これは、理論値の $10\sim30\%$ 程度の値である。

4. あとがき

以上、取水路工事における土留壁の現在までの現場計測管理の概要について報告した。なお、今回特に記述しなかった1号機取水管の沈下状況は、 $\pm 20\text{ mm}$ 程度の変動であり、顕著な沈下は見られなかった。また、地下水位は、地表面下約 0.5 m まで低下させた。

このような計測による現場管理の手法は、本工事のように軟弱地盤条件と合わせ、既設構造物に近接した工事の場合、施工の信頼性を維持することのできる有効な管理手法であると考えられる。特に、取水路の合流部は、掘削深度が大きく軟弱粘土層と被圧地下水に悩まされ、また1号機取水管の埋設位置が高いため土留壁変形に伴う背面地盤のゆるみによる影響が懸念されたが、計測管理により安全に施工し無事工事を完了することができた。本文が、今後類似条件の工事の参考となれば幸いである。

最後に、本文をまとめるに当たり、ご協力いただいた関係各位に対し厚くおれ申し上げる次第である。